

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 684 469

②1 N° d'enregistrement national : 91 14814

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : G 06 K 9/62

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 29.11.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 04.06.93 Bulletin 93/22.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite: THOMSON-CSF  
(Société Anonyme) — FR.

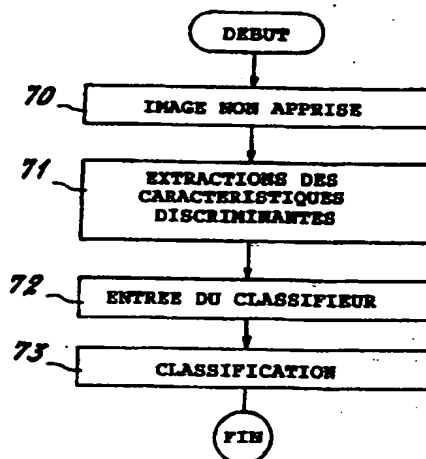
⑦2 Inventeur(s) : Burel Gilles, Pottier Isabelle et Villard  
Thomas.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Nguyen Dominique.

⑤4 Procédé automatique de reconnaissance de signatures manuscrites par analyse d'image et dispositif destiné à sa mise en œuvre.

⑤7 Le procédé consiste dans une phase préalable et pour un nombre fixé d'exemples d'images de signatures manuscrites appartenant à différents signataires, à extraire des caractéristiques discriminantes de la signature, - dans une phase d'apprentissage, pour chaque exemple d'image de signature, à présenter aux entrées d'un classifieur, les caractéristiques discriminantes de la signature extraites dans la phase préalable, pour ajuster par approches successives, les valeurs des paramètres internes d'un classifieur jusqu'à ce que les valeurs de sortie de ce classifieur soient représentatives des différentes classes de signature possibles, - dans une phase de reconnaissance, les caractéristiques discriminantes d'une signature à reconnaître dans une image nouvelle n'ayant pas participé à l'apprentissage, sont extraites de cette image et présentées aux entrées d'un classifieur, qui par application des valeurs de ses paramètres internes fixés en fin de phase d'apprentissage, donne une configuration de sortie à partir de laquelle est déterminé à quelle classe, parmi les classes apprises, appartient la signature considérée. Applications notamment, au contrôle d'accès ou à la vérification de signatures sur des chèques bancaires ou sur des documents officiels.



FR 2 684 469 - A1



PROCEDE AUTOMATIQUE DE RECONNAISSANCE DE SIGNATURES  
MANUSCRITES PAR ANALYSE D'IMAGE ET DISPOSITIF DESTINE A SA  
MISE EN OEUVRE

5

L'invention se rapporte au domaine du traitement d'images, et plus particulièrement à un procédé et à un dispositif automatique de reconnaissance de signatures manuscrites par analyse d'image.

10 Ce procédé peut être appliqué notamment au contrôle d'accès ou à la vérification de signatures sur des chèques bancaires ou sur des documents officiels, la vérification de signature consistant à décider si la signature présentée provient effectivement du signataire attendu.

Les systèmes de reconnaissance de signatures manuscrites  
15 sont distingués selon que la reconnaissance est effectuée directement lors de l'écriture (en anglais la reconnaissance est dite "on-line") ou que la reconnaissance est effectuée de manière optique par reprise d'image (en anglais la reconnaissance est dite "off-line"). Dans le premier cas, les mouvements du crayon sont connus (l'écriture se fait par exemple sur  
20 une tablette graphique), alors que dans le second cas, on ne connaît que l'image de la signature. Les taux de reconnaissance sont donc meilleurs pour les systèmes de reconnaissance "on-line".

En ce qui concerne le procédé de reconnaissance de signatures, selon l'invention, la reconnaissance est effectuée en "off-  
25 line".

Les méthodes connues pour la reconnaissance "off-line" de signature consistent à calculer une distance entre la signature à vérifier et un modèle de signature. Si la distance est faible, la signature est acceptée, sinon elle est refusée. Ces méthodes nécessitent un réglage  
30 manuel de différentes valeurs relatives à des seuils et à des fonctions de coût qui interviennent dans le calcul de la distance. Le modèle de signature utilisé est généralement un modèle structurel et les taux d'erreur, caractérisés par le taux de signatures fausses acceptées et le

taux de signatures vraies refusées, sont généralement élevés , c'est-à-dire de l'ordre de 5 %.

L'invention a pour objet un procédé de reconnaissance de signatures manuscrites qui utilise une approche différente, selon laquelle  
5 dans une phase d'apprentissage, un classifieur apprend à reconnaître la signature d'un signataire donné parmi un grand nombre d'exemples de signatures appartenant à différents signataires. A l'issue de la phase d'apprentissage, le classifieur est en état de décider à quelle classe appartient une signature n'ayant pas participé à l'apprentissage.

10 Ce procédé a les avantages de présenter un taux d'erreur plus faible par rapport aux méthodes classiques et d'être simple à mettre en oeuvre car il ne nécessite pas de réglage manuel de seuils.

Selon l'invention, le procédé automatique de reconnaissance de signatures manuscrites par analyse d'image, est caractérisé en ce  
15 qu'il consiste :

- dans une phase préalable, et pour un nombre fixé d'exemples d'images de signatures manuscrites appartenant à différents signataires, à extraire des caractéristiques discriminantes de la signature, ces caractéristiques étant des caractéristiques élémentaires décrivant l'aspect  
20 général de la signature, des caractéristiques morphologiques, des caractéristiques statistiques et des paramètres d'histogramme angulaire,

- dans une phase d'apprentissage, pour chaque exemple d'image de signature, à présenter aux entrées d'un classifieur, les caractéristiques discriminantes de la signature extraites dans la phase  
25 préalable, pour ajuster par approches successives, les valeurs des paramètres internes d'un classifieur jusqu'à ce que les valeurs de sortie de ce classifieur soient représentatives des différentes classes de signature possibles,

- dans une phase de reconnaissance, les caractéristiques  
30 discriminantes d'une signature à reconnaître dans une image nouvelle n'ayant pas participé à l'apprentissage, sont extraites de cette image et présentées aux entrées d'un classifieur, qui par application des valeurs de ses paramètres internes fixés en fin de phase d'apprentissage, donne une configuration de sortie à partir de laquelle est déterminé à quelle

classe, parmi les classes apprises, appartient la signature considérée. L'invention concerne également un dispositif de reconnaissance automatique d'une signature manuscrite dans une image pour la mise en oeuvre du procédé, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de  
5 prétraitement connecté en série avec au moins un classifieur, le dispositif de prétraitement, étant destiné à extraire des caractéristiques discriminantes d'une image de signature, le classifieur étant destiné après une phase d'apprentissage, à classifier la signature considérée.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront  
10 clairement dans la suite de la description donnée à titre d'exemple non limitatif et faite en regard des figures annexées qui représentent:

- la figure 1, un exemple de dispositif de mise en oeuvre de l'invention,
- la figure 2, un exemple d'image de signature sur laquelle sont  
15 définies la hauteur H et la longueur L de la signature, ainsi que les axes principaux de la signature,
- la figure 3, un exemple de construction de trois points A, B, C à partir d'un point de la signature, ces trois points A, B, C permettant de déterminer la pente de la signature par rapport au grand axe de la  
20 signature,
- la figure 4, un exemple d'image de signature sur laquelle sont définies six primitives morphologiques,
- la figure 5, six exemples de découpage, en régions, d'une image,
- la figure 6, un organigramme de la phase d'apprentissage, selon l'invention,
- la figure 7, un organigramme de la phase de classification, selon l'invention,

Un système de reconnaissance "off-line" de signature permet  
30 d'identifier automatiquement un individu d'après l'examen de sa signature. Il ne s'agit pas ici de reconnaître la partie sémantique de la signature (reconstituer le nom du signataire en identifiant chaque lettre de la signature) mais de reconnaître dans la signature les caractéristiques propres à un signataire donné.

La figure 1 représente un exemple de dispositif de mise en oeuvre de l'invention.

Le dispositif comporte un dispositif de prétraitement 10 connecté à au moins un classifieur 11. Le dispositif de prétraitement est destiné à recevoir, en entrée, une image d'une signature et à délivrer, en sortie, les différentes caractéristiques discriminantes de la signature. Ces caractéristiques sont transmises aux entrées du classifieur qui délivre des valeurs de sortie qui devront correspondre, après une phase d'apprentissage, à la classe de la signature considérée.

10 Le classifieur comporte donc un nombre d'entrées égal au nombre de caractéristiques discriminantes extraites sur l'image de la signature.

Dans le cas où le classifieur est utilisé pour effectuer la vérification de la signature d'un signataire particulier, le signataire étant connu a priori, il comporte deux sorties correspondant à deux classes, l'une traduisant le fait que la signature provient effectivement du signataire attendu, l'autre traduisant l'évènement inverse. Ce cas correspond typiquement à une application dans laquelle il s'agit d'authentifier une signature sur un chèque dont on connaît a priori le propriétaire.

20 Dans le cas où il faut vérifier les signatures de plusieurs signataires différents, le dispositif complet comporte autant de classifieurs que de signataires, chaque classifieur étant dédié à un signataire particulier. Pour effectuer la reconnaissance d'une signature, le signataire étant connu a priori, il suffit de sélectionner le classifieur dédié à ce signataire et de procéder à la vérification de la signature avec le classifieur ainsi sélectionné.

Le classifieur peut également être dédié à la reconnaissance d'une signature dont le signataire n'est pas connu a priori mais fait partie d'un ensemble de plusieurs signataires. Dans ce cas, le dispositif de reconnaissance comporte un seul classifieur dont le nombre de sorties est égal au nombre de signataires considérés.

30 Le classifieur doit avoir un nombre de degrés de liberté suffisant pour pouvoir, en ajustant puis en fixant ses degrés de liberté

pendant une phase d'apprentissage, obtenir en sortie du classifieur la réponse souhaitée pour différentes images de signature dites "appries". Le classifieur peut ensuite être utilisé pour des images de signature n'appartenant pas à la base d'apprentissage et pour vérifier à quelle

5 classe appartient la signature représentée sur ces images par analogie avec les images appries.

Les caractéristiques discriminantes extraites d'une image de signature par le dispositif de prétraitement 10 sont des caractéristiques élémentaires décrivant l'aspect général de la signature, des

10 caractéristiques morphologiques, des caractéristiques statistiques, des paramètres représentant l'histogramme angulaire de la signature.

La figure 2 représente un exemple d'image de signature sur laquelle sont définies des caractéristiques élémentaires de la signature.

Ces caractéristiques constituent un jeu de paramètres

15 décrivant l'aspect général de la signature. Ces paramètres sont de quatre types différents :

- le rapport hauteur H de la signature sur la longueur L de la signature,
- les axes principaux de la signature,
- 20 - la pente de la signature par rapport au grand axe,
- le nombre de zones connexes de la signature.

Pour déterminer le rapport hauteur sur longueur H/L de la signature, deux axes X, Y orthogonaux se coupant en un point O, sont choisis et gradués en nombre de points de l'image ; ces deux axes

25 constituent par exemple les deux bords gauche et inférieur de l'image. Les quatre coordonnées  $X_{min}$ ,  $X_{max}$ ,  $Y_{min}$ ,  $Y_{max}$ , maximales et minimales de la signature sont alors recherchées dans l'image.

La coordonnée  $Y_{min}$  est obtenue en scrutant l'image ligne par ligne en commençant par la première ligne située en bas de l'image, puis

30 en comptant pour chaque ligne le nombre de points caractère présent.  $Y_{min}$  est l'indice de la première ligne rencontrée telle que le nombre de points caractère présent soit supérieur à 5.

La valeur 5 a été choisie pour s'assurer que les points comptés proviennent effectivement de la signature et non d'objets

parasites présents dans l'image. De manière similaire  $Y_{\max}$  s'obtient en scrutant l'image ligne par ligne depuis la dernière ligne située en haut de l'image,  $X_{\min}$  s'obtient en scrutant colonne par colonne depuis la première colonne,  $X_{\max}$  en scrutant colonne par colonne depuis la

5 dernière colonne.

Les quatre coordonnées  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$ ,  $Y_{\min}$ ,  $Y_{\max}$  définissent le plus petit rectangle contenant la signature. Les valeurs de la hauteur et de la largeur de la signature sont obtenues par les relations suivantes :

$$H = Y_{\max} - Y_{\min}$$

$$L = X_{\max} - X_{\min}$$

10

Il ne reste plus qu'à effectuer le rapport  $H/L$  pour obtenir l'une des caractéristiques élémentaires de la signature.

Les caractéristiques élémentaires obtenues à partir des axes principaux, grand axe et petit axe, de la signature sont l'élongation de ces axes, c'est-à-dire la variance du grand axe sur la variance du petit axe, et l'orientation du grand axe.

15

Pour cela le nombre de points  $N$  de la signature est déterminé par comptage, dans l'image, des points caractère présent, et le centre de gravité  $(g_x, g_y)$  de la signature est calculé par les relations suivantes :

$$g_x = \frac{1}{N} \sum x$$

$$g_y = \frac{1}{N} \sum y$$

20

$g_x$  et  $g_y$  sont les coordonnées du centre de gravité de la signature dans le repère orthonormé  $O ; X, Y$ .

$\Sigma x$  et  $\Sigma y$  représentent, respectivement, la somme des abscisses et la somme des ordonnées de tous les points caractère de la signature.

25

Une matrice d'auto-corrélation  $C$  est alors construite sur l'image de la signature, cette matrice  $C$  étant définie de la façon suivante :

$$C = \begin{pmatrix} C_x & C_{xy} \\ C_{xy} & C_y \end{pmatrix}$$

avec :

$$C_x = \sum (x - g_x)^2$$

$$C_y = \sum (y - g_y)^2$$

$$C_{xy} = \sum (x - g_x) (y - g_y)$$

La variance  $\sigma_1$  du grand axe et la variance  $\sigma_2$  du petit axe de la signature sont alors obtenues en calculant les deux valeurs propres de la matrice C d'auto-corrélation. Les expressions de ces deux variances sont les suivantes :

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \left( C_x + C_y + \sqrt{(C_x - C_y)^2 + 4C_{xy}^2} \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{2} \left( C_x + C_y - \sqrt{(C_x - C_y)^2 + 4C_{xy}^2} \right)$$

10

L'élongation des axes et l'orientation du grand axe constituant le deuxième type de caractéristiques élémentaires extraites de l'image sont alors données par les relations suivantes :

15

$$\text{élongation} = \sqrt{\frac{\sigma_1}{\sigma_2}}$$

$$\text{orientation} = \arctan \left( \frac{\sigma_1 - C_x}{C_{xy}} \right)$$

Le troisième type de caractéristiques élémentaires recherché dans l'image de la signature est la pente de la signature par rapport au grand axe. La pente de la signature décrit l'orientation des lettres par rapport au grand axe.

20



La pente cherchée peut être soit positive, soit négative, soit indifférente ou perpendiculaire au grand axe. Trois grandeurs sont donc calculées, il s'agit :

5 du nombre de points de la signature symbolique d'une pente positive :  $P_+$ ,

du nombre de points de la signature symbolique d'une pente négative:  $P_-$ ,

du nombre de points de la signature symbolique d'une pente indifférente :  $P$ .

10 Pour calculer ces trois grandeurs, chaque point de la signature est considéré un par un. A partir d'un point donné de la signature, trois points A, B, C sont calculés. La figure 3 montre un exemple de construction des trois points A, B, C à partir d'un point de la signature appelé point de référence.

15 En notant  $\phi$  l'angle d'orientation du grand axe par rapport à l'axe OX des abscisses, les points A, B, C sont obtenus à partir des coordonnées du point de référence par une translation de vecteurs respectifs  $U-V$ ,  $U$ ,  $U+V$ , les coordonnées respectives du vecteur  $U$  et du vecteur  $V$  étant:

20

$$\begin{aligned} &(\sqrt{2} \sin \phi, -\sqrt{2} \cos \phi) \\ &(\sqrt{2} \cos \phi, \sqrt{2} \sin \phi). \end{aligned}$$

25 La pente de la signature au point de référence considéré est alors déterminé de la façon suivante :

Si le pixel le plus proche de A est un point de la signature, on incrémente  $P_+$ ,

Si le pixel le plus proche de B est un point de la signature, on incrémente  $P$ ,

30 Si le pixel le plus proche de C est un point de la signature, on incrémente  $P_-$ .

Lorsque tous les points de la signature ont été considérés , afin de normaliser les grandeurs trouvées, les deux paramètres  $P_1$  et  $P_2$

suivants sont retenus pour constituer deux nouvelles caractéristiques élémentaires extraites de l'image.

$$P_1 = \frac{P_+ - P}{|(P_+ - P)| + |(P_- - P)| + 1}$$

$$P_2 = \frac{P_- - P}{|(P_+ - P)| + |(P_- - P)| + 1}$$

5

La dernière caractéristique élémentaire extraite de l'image de la signature concerne le nombre de zones connexes présentes dans la signature.

10 Une zone connexe est définie au sens de la 4-connectivité, c'est-à-dire comme un ensemble de points de l'image de même luminance, ces points étant tels qu'il existe un chemin permettant de passer, sans sortir de la zone, d'un point quelconque de cette zone à un autre point de cette même zone, en suivant une succession de directions horizontales ou verticales de l'image.

15 Un algorithme de recherche des zones connexes est utilisé pour détecter et étiqueter les zones connexes d'une image de la signature.

20 Le nombre de zones connexes ainsi obtenu ne peut généralement pas être utilisé directement car il est très variable suivant l'humeur du signataire. C'est pourquoi le paramètre correspondant qui est utilisé pour la vérification de la signature est le logarithme népérien de cette valeur de façon à éviter des variations trop fortes. Afin d'éliminer les éventuels objets parasites de l'image, seules les zones connexes ayant une surface supérieure à 20 sont conservées.

25 Les caractéristiques morphologiques recherchées dans l'image de la signature sont les surfaces relatives de différentes zones délimitées par la signature sur l'image, ces zones étant appelées cavités et trous. Cinq types de cavités sont définies et appelées cavités Ouest, Est, Nord, Sud, Centrale. Les cavités et les trous sont appelés aussi des primitives  
30 morphologiques. Au total il y a donc six primitives morphologiques. La

figure 4 représente un exemple d'image de signature sur laquelle les six primitives morphologiques sont définies.

Un trou est une zone fermée délimitée par la signature. Sur la figure 4, un trou est délimité par la lettre B. Les trous peuvent être  
5 détectés à l'aide d'un algorithme de recherche des zones connexes. En effet, en recherchant par exemple les zones connexes relatives au fond de l'image, la signature étant placée dans une fenêtre avec laquelle elle n'est pas en contact, une grande zone connexe en contact avec les bords de la fenêtre est obtenue: cette zone connexe correspond au fond  
10 externe à la signature. En outre, si la signature comporte un ou plusieurs trous, une ou plusieurs zones connexes non au contact avec les bords de la fenêtre sont obtenues; ces zones correspondent aux trous.

Les différentes cavités Ouest sont définies ci-après. Un point appartient à une cavité Ouest si les trois conditions suivantes sont  
15 remplies simultanément:

- en se déplaçant, à partir de ce point, en ligne droite dans les directions Est, Sud, ou Nord, on rencontre la signature,

- en se déplaçant, à partir de ce point, en ligne droite dans la direction Ouest, on ne rencontre pas la signature,

- 20 - ce point n'appartient pas à la signature.

Une définition similaire est effectuée pour les cavités Nord, Sud et Est, en remplaçant, respectivement, le mot Ouest par le mot Nord, Sud, ou Est, et en listant dans la première condition d'appartenance, les trois directions restantes.

25 En ce qui concerne les cavités Centrales, un point appartient à une cavité Centrale si les trois conditions suivantes sont remplies simultanément:

- en se déplaçant, à partir de ce point, en ligne droite dans les directions Ouest, Est, Sud ou Nord, on rencontre la signature,

- 30 - ce point n'appartient pas à la signature,

- ce point n'appartient pas à un trou.

Chacune des six primitives morphologiques peut être représentée, en entrée du classifieur, par la surface relative de la

primitive considérée par rapport à la surface totale de toutes les primitives.

Les caractéristiques statistiques recherchées dans l'image d'une signature sont des caractéristiques qui traduisent la répartition des points de la signature entre différentes régions de l'image.

Pour cela la signature est encadrée dans une fenêtre minimale. Cette fenêtre minimale est ensuite divisée en régions de six façons différentes ; la figure 5 représente six exemples de découpage, en régions, d'une image. Pour chaque découpage, la répartition des points de la signature entre les régions constituant ce découpage est déterminée. Si  $n_j$  est le nombre de points de la signature situés dans la région  $j$  et  $n$  le nombre total de points de la signature dans la fenêtre minimale, la caractéristique statistique  $R_j$  considérée pour cette région  $j$  est telle que  $R_j = n_j/n$ .

Dans les exemples de découpage de la figure 5, 4 découpages délimitent 3 régions et deux découpages délimitent 4 régions dans l'image; 20 régions sont ainsi obtenues et les 20 caractéristiques statistiques correspondant à ces 20 régions vont être présentées sur 20 entrées du classifieur pour contribuer, avec les autres caractéristiques extraites de l'image de la signature, à la reconnaissance de cette signature.

Enfin les dernières caractéristiques extraites de l'image de la signature concernent l'histogramme angulaire de la signature.

Pour extraire l'histogramme angulaire de la signature, il est nécessaire d'effectuer préalablement deux traitements successifs. Le premier traitement consiste à réduire l'épaisseur du trait de la signature à la dimension d'un point de l'image. Le deuxième traitement consiste à effectuer le suivi de la signature obtenue et d'en extraire des informations concernant:

- le nombre de "webs" de la signature. Un "web" est un ensemble de lignes de la signature, toutes les lignes étant interconnectées,
- le nombre de lignes de chaque "web",
- le nombre de points de chaque ligne,

- la liste des coordonnées des points de la ligne  $i$  du web  $j$ .

Pour chaque "web", une approximation polygonale de toutes les lignes de plus de cinq points est effectuée; chaque ligne est ainsi décomposée en une liste de segments.

5 La longueur et l'orientation de chaque segment ainsi obtenu sont déterminées à partir des coordonnées du premier et du dernier point du segment considéré.

L'histogramme angulaire de la signature est alors déterminé en calculant neuf paramètres notés

10  $P[0, 20], P[20, 40], \dots, P[160, 180],$

ces paramètres étant obtenus en sommant les longueurs de tous les segments composant la signature selon leur orientation par rapport à l'axe OX du rectangle contenant la signature, cette somme étant ensuite normalisée par la somme des longueurs de tous les segments.

15 En notant  $\alpha$ , l'angle d'orientation des segments par rapport à l'axe OX, les neufs paramètres concernant l'histogramme angulaire sont les suivants :

$$20 \quad P[0, 20] = \frac{\text{somme des longueurs des segments dont l'orientation } 0 < \alpha < 20}{\text{somme des longueurs de tous les segments}}$$

et ainsi de suite jusqu'à :

$$25 \quad P[160, 180] = \frac{\text{somme des longueurs des segments dont l'orientation } 160 < \alpha < 180}{\text{somme des longueurs de tous les segments}}$$

25 Ces neufs paramètres extraits de l'image de la signature vont être présentés sur 9 entrées du classifieur pour contribuer, avec les autres caractéristiques extraites de l'image, à la reconnaissance de la signature manuscrite.

30 Le procédé de reconnaissance d'une signature manuscrite dans une image se déroule de la façon décrite ci-après. Dans une étape préalable, une base de données d'images de signatures manuscrites,

appelée fichier d'exemples, est constituée. Ces signatures proviennent de différents signataires, la signature de chaque signataire étant disponible en plusieurs exemplaires ( quelques dizaines de signatures de chaque signataire sont nécessaires).

5           Le fichier des exemples étant constitué, l'apprentissage peut commencer. Une image est extraite aléatoirement de ce fichier. les caractéristiques discriminantes sont alors extraites de l'image et leurs valeurs sont présentées aux entrées du classifieur.

10           L'apprentissage est du type dit "supervisé", c'est-à-dire que, pour des exemples d'une classe de signature donnée, l'opérateur apprend au classifieur à reconnaître cette classe de signature en lui indiquant les valeurs que doivent avoir ses sorties pour cette classe de signature. La même classe de signature est présentée plusieurs fois au classifieur jusqu'à ce que le classifieur ne restitue plus aucune sortie  
15 fausse.

          Différents types de classifieur peuvent être utilisés parmi lesquels on peut citer les réseaux de neurones multicouches, les classifieurs selon le plus proche voisin, les classifieurs selon les trois plus proches voisins, les classifieurs par nuées dynamiques, les classifieurs  
20 par pseudo-inverse. La phase d'apprentissage se déroule de façon différente selon le type de classifieur utilisé.

          Parmi ces différents classifieurs, le réseau de neurones est celui qui expérimentalement donne les meilleurs résultats. Il permet d'affecter un coefficient de confiance à chaque décision prise. Il est donc  
25 possible de rejeter les signatures dont le taux de confiance est inférieur à un seuil fixé par l'utilisateur. Il est ainsi possible de réduire le taux d'erreur c'est-à-dire le taux de signatures affectées à tort.

          Dans la suite de la description, nous nous limiterons donc à l'exemple d'un classifieur du type réseau de neurones multicouches.

30           Dans le cas particulier du réseau de neurones multicouches, la phase d'apprentissage est effectuée de la manière suivante décrite ci-après en référence à la figure 6.

          Dans une première étape 60, les valeurs initiales des paramètres internes du réseau de neurones sont fixées aléatoirement.

L'apprentissage consiste alors en la modification des paramètres internes du réseau de neurones, cette modification se déroulant de la manière suivante : à un rang d'itération  $k$  donné, dans une étape 61, une image de signature est extraite du fichier des exemples et les valeurs des caractéristiques élémentaires, morphologiques, statistiques et d'histogramme angulaire, correspondant à la signature exemple sont appliquées aux entrées du réseau de neurones. Les sorties correspondantes du réseau sont alors calculées, dans une étape 62. Cet exemple étant caractéristique d'une classe de signature donnée devra donner en fin d'apprentissage, en sortie du réseau de neurones, des valeurs de sortie aussi proches que possibles des valeurs fixées, par l'opérateur, pour cette classe de signature. Dans une étape 63 les paramètres internes du réseau de neurones sont ajustés de façon à obtenir des valeurs de sortie se rapprochant des valeurs souhaitées.

Les paramètres internes étant modifiés, le rang de l'itération est incrémenté dans l'étape 64, un test est effectué, dans une étape 65, pour voir si tous les exemples ont été présentés au réseau de neurones, sinon un nouvel exemple de signature manuscrite est présenté aux entrées du réseau de neurones et la même opération est effectuée plusieurs fois à partir de tous les exemples disponibles; puis lorsque tous les exemples ont été présentés au moins une fois, un test est effectué dans une étape 66, afin de voir si tous les exemples ont été correctement classifiés sinon, le rang de l'itération est remis à zéro et le processus est recommencé depuis le début jusqu'à ce que les sorties du réseau de neurones soient toujours dans l'état correspondant au type de classe utilisé.

Lorsque la phase d'apprentissage est terminée, le réseau de neurones est capable de reconnaître à quelle classe appartient une signature d'une image non apprise, son état est sauvegardé dans une étape 67, c'est-à-dire que les paramètres internes sont gelés et sauvegardés et le réseau de neurones peut être utilisé à des fins de reconnaissance de signatures manuscrites.

La figure 7 représente un organigramme de la phase de classification de signatures manuscrites. En phase de classification, dans

une étape 70 une image nouvelle n'appartenant pas au fichier des exemples ayant participé à l'apprentissage, est analysée. Dans une étape 71, les caractéristiques élémentaires, morphologiques, statistiques et d'histogramme angulaire, d'une signature manuscrite à reconnaître dans l'image nouvelle sont extraites de la signature. Dans une étape 72, les valeurs de ces caractéristiques sont présentées aux entrées du réseau de neurones multicouches, qui par application de ses paramètres internes fixés en fin de phase d'apprentissage, donne une configuration de sortie. Dans une étape 73, la classe de la signature est déterminée suivant les valeurs obtenues en sortie du réseau de neurones.

Dans le cas où le classifieur est utilisé pour identifier un signataire parmi un ensemble de plusieurs signataires, le signataire n'étant pas connu a priori, le vecteur d'entrée du classifieur est composé des 41 paramètres extraits de la signature, et le vecteur de sortie est de dimension égale au nombre de signataires possibles.

En utilisant, comme classifieur, un réseau de neurones multicouches, chaque décision prise peut être affectée d'un coefficient de confiance. Il est alors possible de rejeter les signatures dont le taux de confiance est inférieur à un seuil fixé par l'utilisateur et de réduire ainsi le taux d'erreur, c'est-à-dire le taux de signatures affectées à tort.

Dans le cas où le classifieur est utilisé pour vérifier qu'une signature provient d'un signataire attendu, le vecteur d'entrée du classifieur est composé des 41 caractéristiques discriminantes extraites de la signature, et le vecteur de sortie comporte deux classes, la classe 0 est la classe du signataire attendu, la classe 1 est la classe des signatures ne provenant pas du signataire attendu. Pour vérifier des signatures provenant de différents signataires, il faut utiliser autant de classifieurs que de signataires différents.



## REVENDECATIONS

1. Procédé automatique de reconnaissance de signatures manuscrites par analyse d'image, caractérisé en ce qu'il consiste :

- 5 - dans une phase préalable, et pour un nombre fixé d'exemples d'images de signatures manuscrites appartenant à différents signataires, à extraire des caractéristiques discriminantes de la signature, ces caractéristiques étant des caractéristiques élémentaires décrivant l'aspect général de la signature, des caractéristiques morphologiques, des
- 10 caractéristiques statistiques et des paramètres d'histogramme angulaire,
- dans une phase d'apprentissage, pour chaque exemple d'image de signature, à présenter aux entrées d'un classifieur, les caractéristiques discriminantes de la signature extraites dans la phase préalable, pour ajuster par approches successives, les valeurs des
- 15 paramètres internes d'un classifieur jusqu'à ce que les valeurs de sortie de ce classifieur soient représentatives des différentes classes de signature possibles,
- dans une phase de reconnaissance, les caractéristiques discriminantes d'une signature à reconnaître dans une image nouvelle
- 20 n'ayant pas participé à l'apprentissage, sont extraites de cette image et présentées aux entrées d'un classifieur, qui par application des valeurs de ses paramètres internes fixés en fin de phase d'apprentissage, donne une configuration de sortie à partir de laquelle est déterminé à quelle classe, parmi les classes apprises, appartient la signature considérée.
- 25 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les caractéristiques discriminantes extraites d'une signature manuscrite dans une image sont des caractéristiques élémentaires décrivant l'aspect général de la signature, ces caractéristiques élémentaires étant le rapport de la hauteur H de la signature sur la longueur L de la signature, les axes
- 30 principaux de la signature, la pente de la signature par rapport au grand axe, et le nombre de zones connexes de la signature; des caractéristiques morphologiques correspondant à des surfaces relatives de différentes zones délimitées par la signature sur l'image; des caractéristiques statistiques traduisant la répartition des points de la

signature entre différentes régions correspondant à différents découpages de l'image, et des paramètres représentant l'histogramme angulaire de la signature.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le  
5 classifieur est dédié à l'identification d'un signataire parmi différents signataires possibles et en ce que les différentes classes possibles sont associées respectivement aux différents signataires possibles.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le  
10 classifieur est dédié à la vérification de la signature d'un signataire particulier et en ce que les différentes classes possibles sont au nombre de deux, l'une traduisant le fait que la signature provient effectivement du signataire attendu, l'autre traduisant l'évènement inverse.

5. Dispositif de reconnaissance automatique d'une  
signature manuscrite dans une image pour la mise en oeuvre du procédé  
15 selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de prétraitement (10) connecté en série avec au moins un classifieur (11), le dispositif de prétraitement (10), étant destiné à extraire des caractéristiques discriminantes d'une image de signature, le classifieur (11) étant destiné après une phase  
20 d'apprentissage, à classifier la signature considérée.

6. Dispositif selon la revendication 5, utilisé pour identifier un  
signataire parmi différents signataires possibles, le signataire n'étant pas connu a priori, caractérisé en ce qu'il comporte un seul classifieur  
comportant un nombre d'entrées égal au nombre de caractéristiques  
25 discriminantes extraites d'une image de signature, et un nombre de sorties égal au nombre de signataires différents.

7. Dispositif selon la revendication 5, utilisé pour vérifier  
qu'une signature donnée appartient à un signataire connu a priori,  
caractérisé en ce qu'il comporte un classifieur dont le nombre d'entrées  
30 est égal au nombre de caractéristiques discriminantes extraites d'une image de signature, et deux sorties correspondant à deux classes de signature possibles, la première classe étant celle de la signature du signataire attendu, la deuxième classe étant la classe des signatures ne provenant pas du signataire attendu.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte autant de classifieurs que de signataires différents, chaque classifieur étant dédié à la reconnaissance d'un signataire donné, et en ce que la vérification d'une signature donnée est effectuée après avoir  
5 sélectionné le classifieur correspondant au signataire attendu.

9. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que le classifieur est un réseau de neurones multi-couches.

1.3

FIG. 1

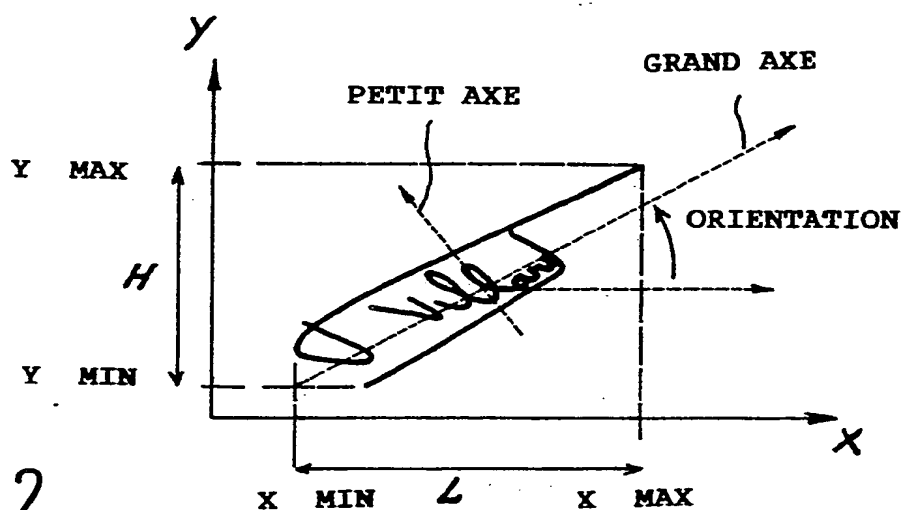
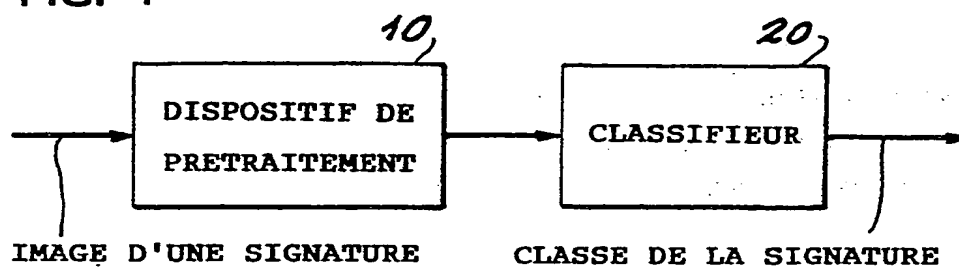


FIG. 2

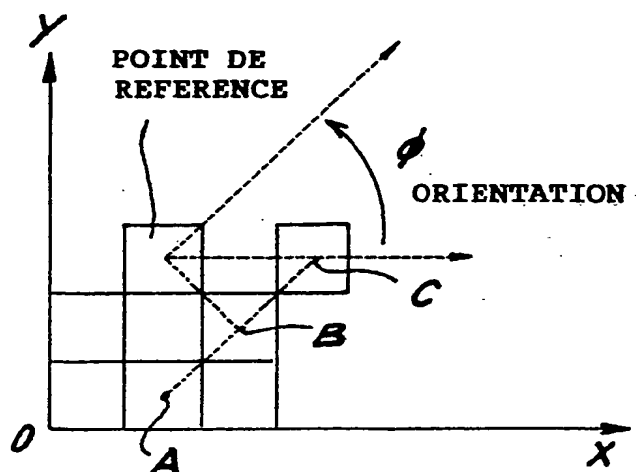


FIG. 3

A hand-drawn map of the 'Dune' area. The word 'Dune' is written in a large, stylized cursive script in the center. Surrounding it are several labels with numbers, connected to specific points on the map by lines:

- 1** CAVITES CENTRALES (top left)
- 2** TROUS (middle left)
- 3** CAVITES SUD (bottom left)
- 4** CAVITES OUEST (bottom left, below 3)
- 5** CAVITES NORD (top right)
- 6** CAVITES EST (middle right)

The map also includes several curved lines and arrows indicating directions or boundaries between these features.

The image displays six squares arranged in a 2x3 grid. Each square contains a different internal line pattern:

- Top-left: A square with two diagonal lines forming an 'X' shape, dividing it into four triangles.
- Top-middle: A square with a vertical line from the top center to the bottom center, and two diagonal lines from the top corners to the bottom center, forming a 'Y' shape.
- Top-right: A square with a vertical line from the top center to the bottom center, and two diagonal lines from the top corners to the bottom center, forming a 'Y' shape.
- Bottom-left: A square with a vertical line from the top center to the bottom center, and two diagonal lines from the top corners to the bottom center, forming a 'Y' shape.
- Bottom-middle: A square with a vertical line from the top center to the bottom center, and two diagonal lines from the top corners to the bottom center, forming a 'Y' shape.
- Bottom-right: A square with a vertical line from the top center to the bottom center, and two diagonal lines from the top corners to the bottom center, forming a 'Y' shape.



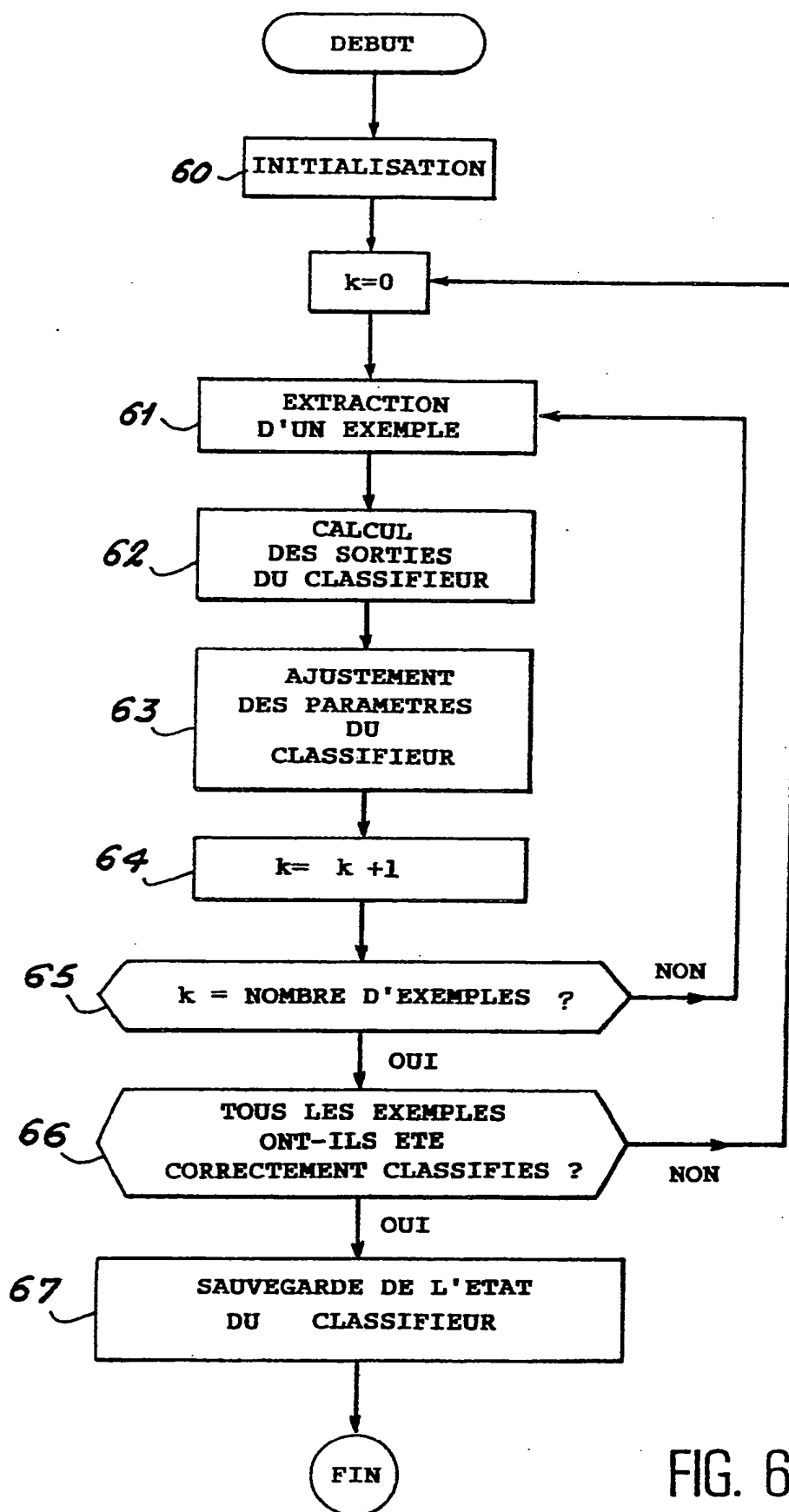


FIG. 6

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9114814  
FA 467789

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	GB-A-2 104 698 (QUEST AUTOMATION LTD) 9 Mars 1983	
A	COMPUTERS & SECURITY, vol. 4, no. 4, Décembre 1985, AMSTERDAM NL pages 309 - 315; P. DE BRUYNE: 'Signature Verification Using Holistic Measures'	
A	IEEE INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS vol. I, 21 Juin 1990, SAN DIEGO US pages 373 - 378; S.M. LUCAS & R.I. DAMPER: 'Signature verification with a syntactic neural net'	
		<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (int. Cl.5)</b>
		G06K
Date d'achèvement de la recherche <b>17 JUILLET 1992</b>		Examineur <b>VAN GINKEL K.E.</b>
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b>		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons * : membre de la même famille, document correspondant		

1  
EPO FORM 1503 03.12 (PWI)

**This Page Blank (uspto)**